ARTICULATA 2004 19 (2): 141–165 ÖKOLOGIE

Habitatpräferenzen und Phänologie der Heidegrashüpfer *Stenobothrus lineatus*, *Stenobothrus nigromaculatus* und *Stenobothrus stigmaticus* in der Medebacher Bucht (Südwestfalen/Nordhessen)

Martin Behrens und Thomas Fartmann

Abstract

Habitat preferences and phenology of three *Stenobothrus*-species were examined in a low-mountain landscape. The study area "Medebacher Bucht" is situated east of the "Rothaargebirge" in South Westphalia and North Hesse where *Stenobothrus lineatus*, *Stenobothrus nigromaculatus* and *Stenobothrus stigmaticus* occur on isolated habitat patches.

In 32 patches of semi-dry grassland and pastureland, 82 plots were investigated and data on both vegetation and habitat structure were collected for each of them. Grasshopper densities were recorded using biocoenometer captures within an area of 2 m^2. The most frequent species *S. stigmaticus* occurred on 36, *S. lineatus* on 21 and *S. nigromaculatus* on 9 plots.

The larvae of *S. lineatus* reached peak numbers towards the end of June, the nymphs of *S. nigromaculatus* and *S. stigmaticus* not before the second half of July. The first adults of *S. lineatus* appeared by the end of June, whereas *S. nigromaculatus* and *S. stigmaticus* did not finish their nymphal development before July. A comparison of the sex ratio in the three capture periods showed that probably males of all *Stenobothrus* species occurred earlier than the respective females (protandry) as male adults were captured at the beginning of the adult period in higher densities and/or at the end of it in smaller numbers than females.

Both *Stenobothrus lineatus* and *S. stigmaticus* preferred short dry turf vegetation with partly open soil. However their habitats differed significantly regarding certain parameters: vegetation density and height as well as patch size were lower in *S. stigmaticus*. An influence of cattle grazing on spatial structure and population density was observed for *S. stigmaticus* (maximum density: 81 adults/20 m^2), whereas *S. lineatus* was most abundant (maximum: 12 adults/20 m^2) in plots with denser vegetation and lower grazing intensity. Based on 20 microhabitat relevés the structural preferences of *S. nigromaculatus* seems to be very short dry turf vegetation (median in grass height: 9 cm) with partly open soil. All habitats were found to be situated within the region of the study area with the lowest precipitation. *S. nigromaculatus* is the most xerophilous and thermophilous of the three *Stenobothrus* species. All species live in short turf layers near the ground. *S. lineatus* as phytophilous grasshopper prefers higher and denser vegetation than *S. stigmaticus* as geophilous-phytophilous species. The spatial utilization of *S. nigromaculatus* is similar to *S. stigmaticus*, but it can be found more often on denser turf layers.

Zusammenfassung

Die Habitatpräferenzen und die Phänologie dreier Heidegrashüpferarten der Gattung *Stenobothrus* wurden in einer Mittelgebirgslandschaft untersucht. Das Untersuchungsgebiet "Medebacher Bucht" liegt östlich des Rothaargebirges in Südwestfalen und Nordhessen. Großer Heidegrashüpfer (*S. lineatus*), Schwarzfleckiger Heidegrashüpfer (*S. nigromaculatus*) und Kleiner Heidegrashüpfer (*S. stigmaticus*) kommen dort auf isolierten Trockenstandorten vor.

In 32 Magerrasen-Grünland-Gehölz-Komplexen wurden 82 Probeflächen bearbeitet: verschiedene abiotische Parameter, die Habitatstruktur und Vegetation jeder Probefläche wurde ermittelt. Zur Bestimmung der Heuschreckendichten erfolgten Isolationsquadratfänge und Mäandertransekte. Als häufigste Art wurde *S. stigmaticus* auf 36 Probeflächen nachgewiesen; *S. lineatus* kam auf 21 Probeflächen und *S. nigromaculatus* auf 9 Probeflächen vor.

Die höchsten Larvenanteile bei *S. lineatus* wurden gegen Ende Juni festgestellt, bei *S. nigromaculatus* und *S. stigmaticus* erst in der zweiten Juli-Hälfte. Imagines von *S. lineatus* traten schon ab Ende Juni auf, *S. nigromaculatus* und *S. stigmaticus* vollendeten erst ab Anfang Juli die Larvalentwicklung. Ein Vergleich der Geschlechterverhältnisse in drei Fangperioden lässt für alle Heidegrashüpferarten auf einen früheren Entwicklungsabschluss der Männchen (Protandrie) schließen; sie waren zu Beginn der Imaginalzeit in höherer Dichte und/oder gegen Ende in geringerer Dichte vorhanden als die Weibchen.

Stenobothrus lineatus und *S. stigmaticus* bevorzugten als Lebensraum niedrige Horstgrasrasen – ihre Habitate unterschieden sich jedoch in einigen Parametern signifikant: Dichte und Höhe der Vegetation waren bei *S. stigmaticus* niedriger, zudem besiedelt er kleinere Flächen als *S. lineatus*. Für *S. stigmaticus* wurde ein positiver Einfluss extensiver Rinderbeweidung auf die Habitatstruktur und die Individuendichten (Maximum = 81 Imagines/20 m^2) festgestellt, *S. lineatus* erreichte die höchsten Abundanzen (Maximum = 12 Imagines/20 m^2) dagegen in dichterer Vegetation und bei geringerer Beweidungsintensität.

Anhand von 20 Mikrohabitataufnahmen wurden die Strukturpräferenzen von *S. nigromaculatus* ermittelt: Der Schwarzfleckige Heidegrashüpfer bevorzugte sehr niedrige Horstgrasrasen (Median der Blattschichthöhe = 9 cm) mit offenen Bodenstellen. Alle Fundorte lagen im niederschlagsärmsten Teil des Untersuchungsgebietes. *S. nigromaculatus* ist stärker xerophil und thermophil als *S. lineatus* und *S. stigmaticus*. Der phyotophile *S. lineatus* nutzt vor allem höhere, dichtere Rasenschichten, während *S. stigmaticus* als geophile bis phyotophile Art den Boden und sehr niedrige, offene Vegetation bevorzugt. *S. nigromaculatus* zeigt eine ähnliche Strukturbindung wie *S. stigmaticus*, kommt jedoch im Untersuchungsgebiet häufig in dichterer Vegetation vor.

Einleitung

Aus der Gattung *Stenobothrus* kommen in Deutschland der Zwerggrashüpfer (*S. crassipes*) und drei Heidegrashüpferarten vor: der Große Heidegrashüpfer (*S. lineatus*), der Schwarzfleckige Heidegrashüpfer (*S. nigromaculatus*) und der Kleine Heidegrashüpfer (*S. stigmaticus*). Die Artmonographien in DETZEL (1998a) und SCHLUMPRECHT & WAEBER (2003) kennzeichnen die Heidegrashüpfer als Offenlandarten trockener, nährstoffarmer und extensiv genutzter Lebensräume.

Untersuchungen an Heidegrashüpfern erfolgten in den letzten zehn Jahren in Deutschland unter verschiedener Ausrichtung: Die Verbreitung und Gefährdung der Arten in Deutschland analysierten MAAS et. al (2002). Im laufenden F+E-Projekt "Gefährdungsursachenanalyse für die Tiere Deutschlands" werden Heidegrashüpfer ebenfalls berücksichtigt (IÖZ 2004, Nigmann schriftl. Mitt.). Die "Bedeutung aktueller Befunde der Verhaltensökologie für den Artenschutz" diskutierten REINHARDT & KÖHLER (2002) unter anderem mit Daten zu *S. lineatus*. Populationsgefährungsanalysen und Populationsprognosen wurden am Beispiel von Heidegrashüpferpopulationen erprobt (SAMIETZ 1998, NUNNER & WALTER 1999). Zum Bewirtschaftungseinfluss und Biotopmanagement äußern sich DOLEK (1994) und FARTMANN & MATTES (1997). In der Biozönologie sind Heidegrashüpfer Leitarten für regional unterschiedliche Lebensraumtypen der Magerrasen und Heiden (WALLASCHEK 1995, HEMP & HEMP 1996, FARTMANN 1997, SCHULTE 1997, BEHRENS & FARTMANN 2004). Die Mikrohabitatbindung von *S. lineatus* bzw. *S. stigmaticus* untersuchten SAMIETZ (1996, 1998) und LÄNDER (2000).

Bisher wurden kaum quantitative Daten zur Phänologie der Heidegrashüpfer veröffentlicht, dies betrifft vor allem die Larvalstadien (vgl. DETZEL 1998a, SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003). Studien mit detaillierten Erfassungen der Habitatstruktur sowie einem regionalen Vergleich von Lebensräumen und Habitatparametern mehrerer Heidegrashüpferarten gibt es nur wenige (WALLASCHEK 1995, 1996; HEMP & HEMP 1996, BEHRENS & FARTMANN 2004). Für den in Deutschland sehr seltenen und stark gefährdeten *S. nigromaculatus* (INGRISCH & KÖHLER 1998b, MAAS et al. 2002) liegen von der nordwestlichen Arealgrenze in Deutschland keine quantitativen Erfassungen zu Individuendichten und Habitatstrukturen vor (vgl. INGRISCH 1982, FREDE 1991, FASEL 1992).

Die vorliegende Studie beschreibt und vergleicht die Habitate und die Phänologie der Heidegrashüpfer in einer Mittelgebirgslandschaft. Im Untersuchungsgebiet kommen *S. lineatus*, *S. nigromaculatus* und *S. stigmaticus* auf Trockenstandorten mit magerem Grünland, Silikatmagerrasen und (Ginster-)Heiden vor (vgl. BEHRENS & FARTMANN 2004). Zu folgenden Fragen wurden im Jahr 2002 Freilanduntersuchungen durchgeführt:

- Wie ist die Phänologie der Heidegrashüpfer? Gibt es Unterschiede zwischen den Arten und den Geschlechtern?
- In welchen Habitaten kommen *S. lineatus* und *S. stigmaticus* vor? Unterscheiden sich die Lebensräume beider Arten strukturell und damit mikroklimatisch?
- Welche (Mikro-)Habitatbindung hat *S. nigromaculatus* an seiner nordwestlichen Arealgrenze?

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (UG) liegt im Westen Deutschlands an der Südostabdachung des Rothaargebirges. Es reicht vom Hochsauerlandkreis in Nordrhein-Westfalen bis in den Landkreis Waldeck-Frankenberg in Hessen und ist etwa 100 km^2 groß (Abb. 1).

Innerhalb des Bergisch-Sauerländischen Gebirges (Rheinisches Schiefergebirge) zählt das UG "Medebacher Bucht" zur naturräumlichen Haupteinheit des Ostsauerländer Gebirgsrandes und umfasst den Naturraum Medebacher Bucht, sowie Teile der nördlich und östlich angrenzenden Einheiten Grafschafter Bergland und Waldstruth (s. BÜRGENER 1963). Die Medebacher Bucht ist eine "hügelige, von bewaldeten Randhöhen umschlossene Gebirgsrandsenke" (BÜRGENER 1963). Sie neigt sich von etwa 600 m NN im Westen am Rothaargebirgsrand bis auf 300 m NN im südöstlichen Münder Grund und wird durch zahlreiche Höhenzüge und Kuppen gegliedert. Die häufigsten Gesteine sind basenarme Ton- und Kieselschiefer sowie geschieferte Grauwacken des Unterkarbons (GLA NRW 1989).

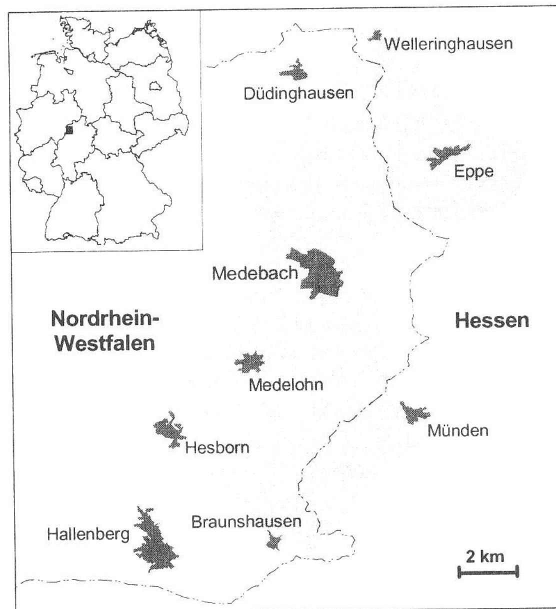


Abb. 1: Untersuchungsgebiet Medebacher Bucht (hellgrau).

Das Klima des UG ist nach MÜLLER-WILLE (1981) subatlantisch mit einem Jahresmittel der Temperatur von 7,5 °C und einer durchschnittlichen Niederschlagssumme von 783 mm pro Jahr (in Medebach). Typisch sind kühle Frühjahrs- und Sommermonate (Monatsmittel z. B. 6–7 °C im April, 15–16 °C im Juli und August) und milde Winter. Durch die Lage im "Regenschatten" des Rothaargebirges ergibt sich für das UG von West nach Ost eine deutliche Abnahme der Jahresniederschlagssummen: Während im Westen des UG bis zu 950 mm fallen, sind es am Ostrand 700 mm (MURL NRW 1989, BECKER et al. 1996). Im Untersuchungszeitraum (April bis September 2002) lag die Durchschnittstemperatur etwa 1 °C über dem langjährigen Mittelwert. Die Niederschlagssumme entsprach dem langjährigen Durchschnitt (jeweils Daten der Messstation Medebach für das Jahr 2002 [meteomedia schriftl. Mitt.] im Vergleich mit dem langjährigen Mittel von Temperatur (Messzeitraum 1931–1960) bzw. Niederschlag (1951–1980) [MURL 1989].

Material und Methoden

Probeflächen

Insgesamt 82 Probeflächen (PF) verteilen sich auf 32 Magerrasen-Grünland-Gehölz-Komplexe. Die PF sind repräsentativ für alle Vegetationsstrukturen des Offenlandes, die auf extensiv genutzten Trockenstandorten im UG vorkommen. Sie umfassen die PF der biozönologischen Studie von BEHRENS & FARTMANN (2004) und weitere Magerrasen, Grünlandflächen und Heiden, die nach eigener Einschätzung potenziell als Heidegrashüpfer-Lebensraum geeignet erschienen. Jede PF hat eine einheitliche Vegetationsstruktur im Sinne von SÄNGER (1977): Deckung, Höhe und Schichtung der Vegetation einer PF sind homogen. Die PF liegen zwischen 335 und 560 m NN.

Die aktuelle Nutzung und die Nutzungsgeschichte der PF wurde durch Befragungen von Bewirtschaftern und mittels historischer Karten erfasst. Die Bewirtschaftung einer PF war im Untersuchungszeitraum immer einheitlich und entsprach der Nutzung 1–5 Jahre davor.

Erfassung abiotischer Habitatparameter und der Vegetationsstruktur

Die Ermittlung der PF-Größe erfolgte mit Kompass und Maßband im Gelände oder auf der Grundlage großmaßstäbiger digitaler Karten mit einem Geoinformationssystem. Inklination und Exposition wurden mit einem Kompass mit Neigungsmesser bestimmt. Die potenziell mögliche, tägliche Sonnenscheindauer (an einem wolkenlosen Strahlungstag) wurde für alle Monate des Jahres mit einem Horizontoskop (s. TONNE 1954; vgl. SAMIETZ 1998, FARTMANN 2004) erfasst.

Die Deckung von Feld- und Kryptogamenschicht und die Gesamtdeckung der Vegetation wurden in Stufen von 5% geschätzt (dabei hat jede Stufe eine Klassenbreite von 5%, als Schätzwert wird die Klassenmitte angegeben). Lag der Deckungsgrad über 95%, aber unter 100%, so wurde der Wert 97,5% vergeben; zwischen 0% und 5% Deckung der Wert 2,5%. Dem gleichen Schema folgte die Erfassung des Deckungsgrades von Streuschicht, offenen Bodenstellen, Fels und Grus.

Für jede Vegetationsschicht wurde die mittlere obere Höhe bis auf 5 cm genau gemessen. Die "horizontale Vegetationsdichte" (hD) nach SUNDERMEIER (1998) diente als weiteres Maß der Vertikalstruktur auf den PF: Parallel zu einer 50 cm breiten Vegetationshürde (s. MÜHLENBERG 1993) wurde in 30 cm Entfernung (vgl. ZEHM 1997) ein weißes Tuch gespannt. So konnte ein ungestörter Vegetationsausschnitt abgegrenzt und durch die Vegetationshürde in fünf horizontale

Schichten von je 10 cm Höhe unterteilt werden. Die Schätzung der hD erfolgte für jede Schicht vor dem weißen Hintergrund. Die jeweilige Schicht befand sich in Augenhöhe; geschätzt wurde die Deckung der Vegetation in 10%-Intervallen, oberhalb 90% und unterhalb 10% in 5%-Schritten. Die Erhebung erfolgte viermal: im Juni, Juli, und zweimal im August. Daten zur hD stehen nur von 34 PF zur Verfügung.

Mikrohabitat-Aufnahmen für *S. nigromaculatus*

Kleinflächige, niedrigwüchsige Magerrasenbereiche entstanden oft erst durch die Beweidung im Sommer auf den PF und hatten die höchsten Imaginaldichten von *S. nigromaculatus*. Solche kleinräumigen Bestandsheterogenitäten der Vegetation wurden mit den bisher beschriebenen Methoden nicht gezielt erfasst. Daher erfolgten Ende August bis Anfang September – nach dem ersten Beweidungsdurchgang – auf acht besiedelten PF zusätzlich 20 Mikrohabitat-Aufnahmen in diesen Strukturen: Auf einer Fläche von je 1 m^2 wurden alle oben erwähnten Strukturparameter erhoben und zusätzlich die Deckung von Moosen, Flechten, Rosettenpflanzen, Horstgräsern, Herdengräsern und Kräutern (ohne Rosettenpflanzen) geschätzt (Intervalle wie oben). Die Höhe der Kryptogamenschicht, der Rosettenpflanzen und der Blatt- und Halmschicht von Gräsern und Kräutern wurde durch Mittelwertbildung erfasst (für jede Schicht fünf Messwerte pro Aufnahmefläche). Außerdem wurde die maximale Höhe der Feldschicht gemessen. Quantitative Daten zur Nutzung unterschiedlicher Kleinstrukturen durch *S. nigromaculatus* auf einer PF liegen nicht vor. Die während zahlreicher Begehungen festgestellte Klumpung der Tiere in den niedrigwüchsigen Bereichen wird jedoch als ausreichender Hinweis auf die Mikrohabitatpräferenz der Imagines gewertet.

Individuendichten

Die Individuendichte der Heuschrecken wurde während biozönologischer Untersuchungen (BEHRENS & FARTMANN 2004) für 34 PF mit einem Isolationsquadrat (s. BRADLEY 1985, OPPERMANN 1987, FARTMANN 1997) bestimmt. Das verwendete Isolationsquadrat hat eine Grundfläche von 2 m^2; für jeden Fang wurde es zehnmal auf der PF aufgesetzt (entspricht einer Gesamtfläche von 20 m^2). Erfasst wurden die Individuen getrennt nach Arten unter Angabe von Geschlecht und Entwicklungsstadium (Larve oder Imago). Die befangene Fläche war nicht durch vorherige Untersuchungen beeinträchtigt. Die Fänge fanden bei trockenem Wetter und Temperaturen über 16 °C zwischen 9 und 18 Uhr statt. Auf jeder PF erfolgten drei Fangserien (FS 1: 16.7.–30.7.02, FS 2: 6.8.–18.8.02, FS 3: 20.8.–29.8.02). Zwischen den Fängen auf derselben PF lagen etwa zwei Wochen.

Aus Zeitgründen wurde auf den weiteren PF die Dichte der Heidegrashüpfer mit "Mäander-Transekten" (s. BRUCKHAUS & DETZEL 1997, MORGEN 1998) ermittelt. Die Transektfläche betrug wie für die Isolationsquadratfänge 20 m^2; sie wurde in engen Bahnen abgesucht. Durch Fortbewegung in der Hocke oder auf den Knien (vgl. SONNENBURG 2000) ließ sich auch *S. stigmaticus* gut erfassen. Für Untersuchungsflächen unter 100 m^2 erfolgte nur ein Transekt, auf größeren Flächen zwei bis drei; dort wurden die Dichten gemittelt, um einen Wert pro PF zu erhalten (Erfassungszeitraum: 27.7.–13.9.02).

Als Bestimmungsliteratur dienten BELLMANN (1993) und OSCHMANN (1969).

Auswertung

Die Fangergebnisse einer einheitlichen PF-Zahl pro *Stenobothrus*-Art wurden jeweils für einen halben Monat zusammengefasst und auf ihre jahreszeitliche Entwicklung analysiert (Untersuchungszeitraum: 7.5.–14.9.02).

Nach dem System von FARTMANN (1997) erfolgte die Berechnung der Deckungsgrade unterschiedlicher Wuchsformentypen aus pflanzensoziologischen Aufnahmen, die für 34 PF zur Verfügung stehen (BEHRENS & FARTMANN 2004).

Unterschiede zwischen unabhängigen Stichproben wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test geprüft (vgl. DYTHAM 1999, SACHS 2002). Die statistische Signifikanz von Testergebnissen wird im Text wie folgt beschrieben (s. DYTHAM 1999: 189): "nicht signifikant" ($P \geq 0{,}05$), "signifikant" ($P < 0{,}05$), "hoch signifikant" ($P < 0{,}01$), "sehr hoch signifikant" ($P < 0{,}001$). Sofern nicht anders gekennzeichnet, sind alle im Folgenden genannten Werte Mediane.

Phänologie

Ergebnisse

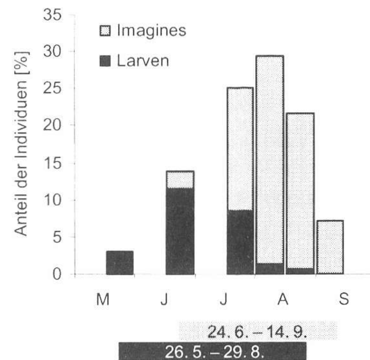
Larven aller *Stenobothrus*-Arten wurden gleichzeitig ab Ende Mai nachgewiesen. *Stenobothrus lineatus* erreichte ab der letzten Juni-Woche das Imaginalstadium – *S. nigromaculatus* und *S. stigmaticus* erst im Juli. Nachweise von Imagines der letztgenannten Arten liegen ab dem 16. Juli vor, aufgrund einer Datenlücke in der ersten Juli-Hälfte ist ein früherer Entwicklungsabschluss (nach dem 30.6.) jedoch wahrscheinlich (Abb. 2).

Die höchste Individuenzahl wurde für *S. lineatus* und *S. nigromaculatus* in der ersten August-Hälfte erfasst – mit einem Anteil von ≥ 30% aller Nachweise; bei *S. stigmaticus* lag das Maximum in der zweiten Juli-Hälfte. Der Anteil der Larven war bei *S. lineatus* mit 11% aller Fänge gegen Ende Juni besonders hoch, die Populationen von *S. nigromaculatus* und *S. stigmaticus* erreichten die größten Larvenanteile in der zweiten Juli-Hälfte (15 bzw. 16% aller Fänge).

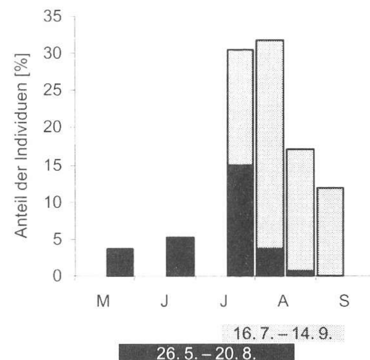
Das Maximum der Imagines lag bei *S. lineatus* und *S. nigromaculatus* in der ersten August-Hälfte (jeweils 28% aller Individuen), während bei *S. stigmaticus* in diesem Zeitraum ein Rückgang der Nachweise um fünf Prozentpunkte festgestellt wurde; von dieser Art wurden in der zweiten August-Hälfte die meisten Imagines erfasst (27% aller Fänge; s. Abb. 2). Im September gingen die Nachweise von *S. lineatus* und *S. stigmaticus* stark zurück – hier wurden teilweise Daten von PF mit geringerer Individuendichte berücksichtigt als in den Vormonaten.

Bei *S. lineatus* ergab sich in den ersten beiden Fangserien im Juli und August ein Geschlechterverhältnis von 1 : 1, in der dritten Fangserie gegen Ende August hatten dagegen die Weibchen mit 64% den größeren Anteil. Für *S. nigromaculatus* änderten sich die Anteile der Geschlechter von einem größeren Männchen-Anteil (56%) im Juli zu einem hohen Weibchen-Anteil (63%) Ende August.

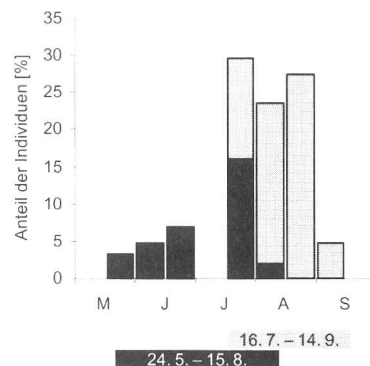
Bei *S. stigmaticus* überwogen während der ersten Fangserie deutlich die Männchen (67%), anschließend war das Geschlechterverhältnis ausgeglichen (Tab. 1, Termine der Fangserien im Methodenteil).



a) *Stenobothrus lineatus* (n = 167 Ind.)



b) *Stenobothrus nigromaculatus* (n = 135 Ind.)



c) *Stenobothrus stigmaticus* (n = 1372 Ind.)

Abb. 2: Phänologie der Heidegrashüpfer.

Dargestellt als Anteil der beobachteten Individuen einer Art pro halbem Monat (15 bzw. 16 Tage). Summe aller Individuen (Ind.) pro Art = 100%; Stichprobe (20 m²/ Probefläche [PF]) je halbem Monat: a) n = 7 PF, b) n = 4 PF, c) n = 10 PF; bei fehlender Säule keine Daten; außerdem angegeben: Zeitspanne in der Larven und Imagines nachgewiesen wurden; weitere Erläuterungen im Text.

Tab. 1: Geschlechterverhältnis der Heidegrashüpfer in drei Fangserien (FS). Mediane der Anteile und Verhältnisse jeder Einzelbeprobung (20 m²), *S. lineatus* n = 7 Probeflächen (PF)/FS, *S. nigromaculatus* n = 4 PF/FS, *S. stigmaticus* n = 10 PF/FS.

	S. lineatus			***S. nigromaculatus***			***S. stigmaticus***		
Fangserie	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Summe Imagines	28	38	35	21	28	22	177	271	290
Weibchen [%]	50	50	64	44	56	63	33	50	50
Männchen [%]	50	50	36	56	44	37	67	50	50
Verhältnis ♀ / ♂	1,0	1,0	1,8	0,8	1,3	1,7	0,5	1,0	1,0

Diskussion

Die Ergebnisse zur Phänologie von *S. lineatus* und *S. stigmaticus* stimmen mit den bisher publizierten Angaben überein: Larven von *S. lineatus* wurden oft ab Ende Mai nachgewiesen – von OSCHMANN (1993) ab dem 26.5. (Mittelwert des 1. Larvenstadiums), von FARTMANN (1997) ab dem 30.5.; INGRISCH & KÖHLER (1998a) führen Werte ab Anfang Mai (Schlupfmitte Ende Mai) auf. Mehrjährige Untersuchungen von SAMIETZ (1998) zeigen jedoch eine starke Variation des Schlupfbeginns (1993: Anfang Mai, 1996: Anfang Juni) und der Larvalstadiendauer (1993: ca. 1 Monat, 1995: ca. 2 Monate) in Abhängigkeit von der Witterung. Von *S. stigmaticus* fand OSCHMANN (1993) Larven des 1. Stadiums ab dem 2.6. (Mittelwert), an einem Fundort im Sauerland (ca. 70 km westl. des UG, 350 m NN, 1990–1996) kamen Larven vom 1.6.–20.7. vor (SONNENBURG & BUSSMANN in Vorb.). Wie auch in der Medebacher Bucht wurden Imagines von *S. lineatus* häufig ab Ende Juni erfasst (OSCHMANN 1969b, FARTMANN 1997, MORGEN 1998, SAMIETZ 1998), während *S. stigmaticus* in verschiedenen Untersuchungsgebieten erst im Juli das Imaginalstadium erreichte (SONNENBURG & BUSSMANN in Vorb.: Nachweise ab 8.7.; s. auch OSCHMANN 1973, SCHMIDT 1997, LÄNDER 2000). Für beide Arten gibt DETZEL (1998a) das Maximum der nachgewiesenen Imagines für den August an (vgl. BECKMANN & RADLMAIR 2003, SACHTELEBEN 2003) – die vorliegenden Daten sind ähnlich verteilt.

Der Rückgang der Nachweise von *S. stigmaticus* Anfang August (s. Abb. 2) ist auf Nutzungseinflüsse zurückzuführen: Vor und während der Untersuchungen in der ersten Augusthälfte wurden sechs der zehn für *S. stigmaticus* ausgewerteten PF beweidet und eine gemulcht, die dadurch erhöhte Sterblichkeit und Verdrängungseffekte führten zu niedrigeren Fangzahlen (vgl. FARTMANN & MATTES 1997, BEHRENS & FARTMANN 2004).

Über die Phänologie von *S. nigromaculatus* gibt es aus Deutschland nur relativ wenige Daten: In Süddeutschland beginnt die Imaginalzeit nach DOLEK (1994), DETZEL (1998b) und INGRISCH & KÖHLER (1998a) Ende Juni/Anfang Juli, sie reicht in Bayern nach DOLEK et al. (2003) vom 21.6.–13.10. "Die höchsten Abundanzen von *S. nigromaculatus* sind in Baden-Württemberg Anfang August fest-

zustellen, bereits Ende August nehmen sie wieder ab." Diese Beobachtung von DETZEL (1998b) traf im Untersuchungsjahr auch für die Medebacher Bucht zu.

Die vorliegenden und zitierten Daten weisen im Vergleich der drei Heidegrashüpferarten auf eine schnellere Embryonal- und Larvalentwicklung von *S. lineatus* hin: Beim Großen Heidegrashüpfer ist früher ein hoher Larvenanteil vorhanden und er erreicht eher das Imaginalstadium (Abb. 2). Die Laborergebnisse von WINGERDEN et al. (1991a) zur temperaturabhängigen Entwicklungsdauer der Eier von Feldheuschrecken bestätigen diese Beobachtungen – bei *S. lineatus* wurde eine signifikant kürzere Entwicklungszeit festgestellt als bei *S. stigmaticus*.

Der Vergleich der Geschlechterverhältnisse in drei Zeitabschnitten deutet bei allen drei *Stenobothrus*-Arten auf eine Protandrie hin, die bei *S. nigromaculatus* und *S. stigmaticus* besonders deutlich ist. Auf diesen Entwicklungsvorsprung der Männchen kann man bei der phänologisch frühen Art *S. lineatus* aus den vorliegenden Daten nur durch den erhöhten Weibchen-Anteil Ende August schließen (Tab. 1). Auch SAMIETZ (1998) beobachtete in allen vier Untersuchungsjahren bei *S. lineatus* eine Protandrie, die sich sehr deutlich in der Entwicklung des vierten Larvenstadiums zeigte: Weibliche Larven kamen noch vier Wochen später vor als männliche, die ersten adulten Männchen wurden eine Woche vor den ersten weiblichen Imagines erfasst. Auf Magerrasen in den Pyrenäen stellte ISERN-VALLVERDÚ (1992) ebenfalls für alle Heidegrashüpfer eine schnellere Entwicklung der Männchen fest und beobachtete für *S. nigromaculatus* die deutlichsten Veränderungen des Geschlechterverhältnisses – wie bei den vorliegenden Daten mit einem größeren Männchen-Anteil bis Mitte Juli und einem ab August zunehmenden Weibchen-Überschuss. Ähnliche Ergebnisse publizierten SCHMITZ & HÖHNEN (1994) aus Brandenburg, wo in einer Population von *S. nigromaculatus* gegen Ende August nur noch Weibchen erfasst wurden.

Habitatpräferenzen von *Stenobothrus lineatus* und *S. stigmaticus*

Ergebnisse

Exposition und Inklination aller 82 PF haben bis auf wenige Ausnahmen keine große Variation – die PF sind südexponiert (180° [120–320°]) und mäßig geneigt (11° [0–30°], jeweils Median [Spanne]). Die potenziell mögliche, tägliche Sonnenscheindauer entspricht auf > 80% aller PF der maximal auf der geographischen Breite des UG möglichen, täglichen Besonnung in der jeweiligen Jahreszeit und liegt auf den weiteren PF nur 5–20% darunter (Horizontoskopmessung). Fast alle PF sind also ganzjährig kaum durch den Schattenwurf umgebender Hügel oder Forste betroffen und werden an wolkenlosen Tagen voll besonnt. *S. lineatus* kommt auf 21 von 82 PF vor (26%), *S. stigmaticus* besiedelt 36 PF (44%). Beide Arten gemeinsam wurden auf 13 PF (16%) nachgewiesen. Offene, niedrige Horstgrasrasen sind der häufigste Lebensraum von *S. stigmaticus*, während *S. lineatus* vor allem in dichten, niedrigen Horstgrasrasen lebt (s. Tab 2): Die offenen Horstgrasrasen haben eine geringere Vegetationsdeckung, die Feldschicht ist etwas niedriger und die horizontale Vegetationsdichte (hD) deutlich geringer als in den dichten Horstgrasrasen (zur Abgrenzung der Habitattypen und für detaillierte standortkundliche und pflanzensoziologische Informationen zu den PF siehe BEHRENS & FARTMANN 2004).

Tab. 2: Vorkommen von *S. lineatus* und *S. stigmaticus* in verschiedenen Habitattypen (Schwerpunkte fett, vgl. BEHRENS & FARTMANN (2004); Nomenklatur der Syntaxa nach RENNWALD (2000), Autorenzitate s. dort).

Habitattyp; Vegetation	**Anteil PF** [absolut / %]		
	gesamt	*S. lineatus*	*S. stigmaticus*
1 lückige Pionierrasen; *Festuca ovina*-Rasen mit *Polytrichum piliferum* – Koeleria-Corynephoretea	8 / 10	–	4 / 11
2 offene, niedrige Horstgrasrasen; *Festuca ovina*-Rasen – Koeleria-Corynephoretea, *Deschampsia flexuosa*-Gesellschaft – Calluno-Ulicetea	22 / 27	5 / 24	**21 / 58**
3 dichte, niedrige Horstgrasrasen; Heidenelken-Schafschwingelrasen – Diantho-Armerietum, *Deschampsia flexuosa*-Gesellschaft – Calluno-Ulicetea	18 / 22	**14 / 67**	9 / 25
4 hohe, dichte Horstgrasbestände; Weidelgras-Weißkleeweiden – Lolio-Cynosuretum, *Festuca rubra-Agrostis capillaris*-Gesellschaft – Arrhenatheretalia, *Galium saxatile-Nardus stricta*-Gesellschaft – Violion	17 / 21	2 / 9	2 / 6
5 dichte Obergrasbestände; Glatthaferwiesen – Arrhenatherion	17 / 21	–	–

Statistisch signifikante Unterschiede in der Habitatstruktur besiedelter und unbesiedelter PF bestehen für beide Arten bei Gesamt- und Feldschichtdeckung, beim Anteil offener Bodenstellen und in der Streudeckung – in den Lebensräumen der Heidegrashüpfer sind Vegetations- und Streudeckung niedriger und offener Boden ist häufiger als auf den restlichen PF. Bei *S. stigmaticus* sind die Unterschiede stärker signifikant als bei *S. lineatus* (Werte in Tab. 3a).

Die weiteren Parameter – Feldschichthöhe, Habitatgröße, hD – sind für die Habitate von *S. stigmaticus* sehr hoch signifikant niedriger als für die unbesiedelten PF. Bei *S. lineatus* ergeben sich kaum signifikante Unterschiede (Tab. 3a und b).

In der Horizontalstruktur unterscheiden sich die Habitate beider Arten kaum (Tab. 3a, Spalten 2, 5, 8). Sie sind jedoch in der Vertikalstruktur und der Flächengröße verschieden: Auf den von *S. lineatus* besiedelten Flächen beträgt die Feldschichthöhe 20 cm und ist damit geringfügig, aber signifikant höher als in den Habitaten von *S. stigmaticus* (15 cm, vgl. Tab. 3a). In Bodennähe (bis 40 cm Höhe) ist die hD in den Lebensräumen von *S. lineatus* oft viel größer als in denen von *S. stigmaticus*, die Unterschiede sind sehr hoch signifikant (Tab. 3b). Die mittlere Habitatgröße beträgt bei *S. lineatus* 1500 m^2, bei *S. stigmaticus* nur 300 m^2 und ist hoch signifikant verschieden. Auf Kleinstflächen unter 100 m^2 kam *S. lineatus* selbst bei geeigneter Struktur nicht vor (vgl. Tab. 3a).

Tab. 3: *S. lineatus* und *S. stigmaticus* – Vergleich der Habitatparameter besiedelter (Präsenz-) und unbesiedelter (Absenz-)Flächen jeder Art sowie der Präsenz-Flächen beider Arten gegeneinander (letzte Spalte). Aufgeführt sind Median und Spanne der Werte; Tests auf Unterschiede erfolgten mit Mann-Whitney-U-Test ($\alpha = 0{,}05$), *P* wird durch Sternsymbolik den Testwerten vorangestellt: * $P < 0{,}05$, ** $P < 0{,}01$, *** $P < 0{,}001$, n.s. steht für nicht signifikante Werte; PF = Probefläche, hD = horizontale Vegetationsdichte.

Parameter	*S. lineatus*			*S. stigmaticus*			**Vergleich**
	Präsenz	Absenz	Testwert	Präsenz	Absenz	Testwert	Testwert
a) n PF/Werte	21	61 [1]	–	36 [2]	46	–	–
Gesamtdeckung Vegetation [%]	98 (60–100)	100 (45–100)	* 330	98 (50–100)	100 (45–100)	*** 401	n.s.
Deckung der Feldschicht [%]	95 (50–100)	98 (45–100)	** 289	95 (50–100)	100 (45–100)	*** 422	n.s.
Deckung der Kryptogamen [%]	50 (5–100)	40 (5–100)	n.s.	30 (5–95)	43 (5–100)	n.s.	n.s.
offener Boden, Fels, Grus [%]	3 (0–40)	0 (0–40)	** 309	3 (0–50)	0 (0–20)	*** 425	n.s.
Deckung der Streuschicht [%]	5 (0–90)	15 (0–100)	* 331	5 (0–90)	15 (0–100)	*** 451	n.s.
Höhe der Feldschicht [cm]	20 (10–45)	30 (5–120)	n.s.	15 (5–40)	30 (10–120)	*** 172	* 201
Habitatgröße [m^2]	1.500 (100–15.000)	700 (40–19.000)	n.s.	300 (50–3.400)	2.000 (40–19.000)	*** 405	** 194
b) n PF/Werte [3]	10/40	24/96	–	12/48	22/88	–	–
hD 0–10 cm [%]	95 (30–100)	100 (10–100)	n.s.	50 (20–100)	100 (10–100)	*** 472	*** 434
hD 10–20 cm [%]	40 (0–100)	55 (0–100)	n.s.	8 (0–90)	70 (0–100)	*** 653	*** 456
hD 20–30 cm [%]	8 (0–70)	20 (0–95)	n.s.	0 (0–70)	20 (0–95)	*** 881	*** 556
hD 30–40 cm [%]	5 (0–40)	5 (0–80)	* 1568	0 (0–30)	10 (0–80)	*** 846	*** 618
hD 40–50 cm [%]	0 (0–20)	0 (0–60)	* 1537	0 (0–20)	5 (0–60)	*** 1222	n.s.

1) 12 PF unter 100 m^2 wurden für die Auswertung nur bei der Habitatgröße berücksichtigt, da *S. lineatus* auf solchen Kleinstflächen auch bei geeigneter Habitatstruktur nie vorkam.

2) 6 PF unter 100 m^2 wurden beim Vergleich der Habitatparameter beider Arten (s. letzte Spalte) nur bei der Habitatgröße berücksichtigt, da *S. lineatus* auf solchen Kleinstflächen fehlte.

3) von a) abweichender Stichprobenumfang: nur auf 34 PF wurde die hD erfasst, je viermal (s. Methodenteil)

Auch die Deckung der Wuchsformentypen in der Feldschicht unterscheidet sich hoch signifikant: In den Lebensräumen von *S. lineatus* sind mit einer Deckung von 26% mehr Polsterpflanzen, Zwergsträucher und weitere, höherwüchsige (> 5–25 cm) Kräuter vorhanden als bei *S. stigmaticus* (3%; n = 9 bzw. 13 Vegetationsaufnahmen; U = 15, $P < 0{,}01$). Die Deckung der Rosettenpflanzen ist bei *S. lineatus* mit 21% ebenfalls – jedoch nicht signifikant – höher als bei *S. stigmaticus* (11%). Horst- und Herdengräser kommen als wichtige Bestandsbildner mit jeweils 63% bzw. 13% Deckung in den Lebensräumen beider *Stenobothrus*-Arten zu gleichen Anteilen vor.

Etwa 50% der Vorkommen beider Heidegrashüpferarten finden sich auf extensiv beweideten PF geringer oder mittlerer Nutzungsintensität. Auf Brachen gibt es mehr Vorkommen von *S. lineatus* (38%) als von *S. stigmaticus* (19%; Tab. 4).

Tab. 4: Bewirtschaftungsformen der Habitate von *S. lineatus* und *S. stigmaticus* (auf keiner Probefläche (PF) erfolgte Düngung oder Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, genaue Beschreibung der Kategorien bei BEHRENS & FARTMANN 2004).

Bewirtschaftung	**Nutzungs-intensität**	**Anteil PF** [absolut / %]	
		S. lineatus	*S. stigmaticus*
keine/Brache	–	8 / 38	7 / 19
Hutung	sehr gering	2 / 10	6 / 17
periodische, extensive Standweide	gering	6 / 28	8 / 22
extensive Standweide	mittel	4 / 19	13 / 36
Koppelweide mit Nachpflege (Mulchen)	hoch	1 / 5	2 / 6

Die Auswertung der Isolationsquadratfänge (Abb. 3) zeigt, dass *S. stigmaticus* seine höchsten Abundanzen auf den Flächen mittlerer Nutzungsintensität des Habitattyps 2 (vgl. Tab. 2) erreicht (45 Imagines/20 m^2) – der Maximalwert für Larven und Imagines gemeinsam (1. Fangserie) betrug 135 Individuen/20m^2. Diese extensiven Standweiden besaßen mehr offene Bodenstellen (5%) und eine geringere Feldschichthöhe (10 cm) als die nur periodisch beweideten Bestände des Habitattyps 2 (dort 3% bzw. 15 cm; Stichprobengröße s. Abb. 3). Von *S. lineatus* wurden auf den Flächen des Habitattyps 2 nur Einzelexemplare gefangen, er hat auf den Brachen des Habitattyps 3 die höchsten Individuendichten (9 Imagines/20 m^2). Dort sind Kryptogamen- und Streudeckung mit 85 bzw. 25% höher als auf den periodisch beweideten Flächen des Habitattyps 3 (50% Kryptogamen, 3% Streu; Stichprobenumfang s. Abb. 3). Von den mit Isolationsquadrat beprobten Flächen waren die Brachen nicht von *S. stigmaticus* besiedelt und auf den Hutungen (Nutzungsintensität "sehr gering") kam *S. lineatus* nicht vor

(s. Abb. 3). Die Mäander-Transekte ergaben für diese Kategorien nur geringe Individuendichten für beide Arten (*S. stigmaticus* auf Brachen [n = 7]: 5 Imagines/20 m^2, *S. lineatus* auf Hutungen [n = 3]: 1 Imago/20 m^2).

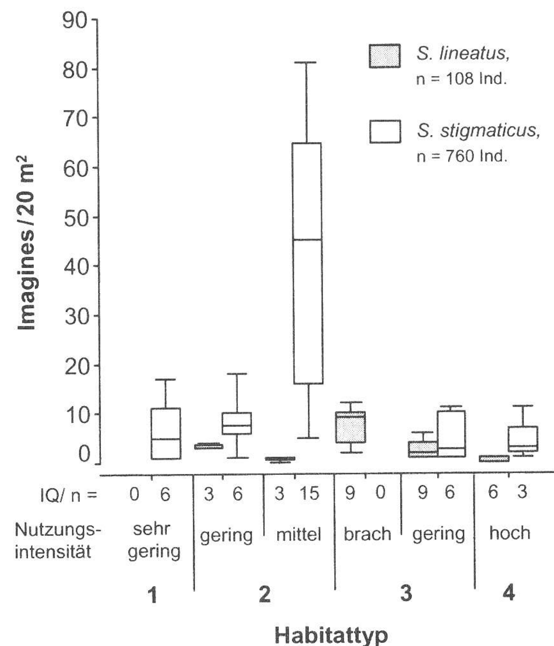


Abb. 3: Vergleich der Imaginaldichte von *S. lineatus* und *S. stigmaticus* bei unterschiedlicher Habitatstruktur und Nutzungsintensität (Datengrundlage sind die Isolationsquadratfänge [IQ]; Lagemaße: Median, 1. und 3. Quartil, Maximum und Minimum; zur Nutzungsintensität s. Tab. 4, Habitattypen s. Tab. 2).

Diskussion

Die Böden der PF haben durch geringe Entwicklungstiefen, hohe Grobbodenanteile und durchlässige Ausgangsgesteine nur ein geringes Wasserhaltevermögen (s. GLA NRW 1992, BEHRENS & FARTMANN 2004). Da außerdem die Einstrahlung relativ hoch ist, zählen die PF zu den trocken-wärmsten Standorten des UG. In vielen Studien wurden Trockenstandorte als Lebensräume des Großen und Kleinen Heidegrashüpfers beschrieben (s. Übersichten bei WALLASCHEK 1995, BEHRENS & FARTMANN 2004 und Artmonographien von/in SONNENBURG & BUSSMANN in Vorb., DETZEL 1998a, SCHLUMPRECHT & WAEBER 2003): Struktur, Mikroklima und Vegetation der Habitate in verschiedenen Untersuchungsgebieten sind oft sehr ähnlich – beide Heidegrashüpferarten kommen überwiegend in niedrigen, extensiv genutzten Magerrasen und Heiden vor –, dadurch werden

sowohl die Stenotopie als auch die ähnlichen Lebensraumansprüche von *S. lineatus* und *S. stigmaticus* deutlich (vgl. OSCHMANN 1973, INGRISCH 1982, SCHMIDT 1997).

Unterschiede in den Habitatpräferenzen beider Arten erwähnen JOHANNESEN et al. (1999) und zeigen sich in den Ergebnissen von WALLASCHEK (1995) aus dem Östlichen Harzvorland und von BEHRENS & FARTMANN (2004 und vorliegende Daten) für die Medebacher Bucht: Beide Heidegrashüpferarten sind horizontalorientiert, wobei *S. stigmaticus* sehr niedrige Straten – den Boden oder äußerst kurze Rasenvegetation – bevorzugt, während *S. lineatus* häufig in bzw. auf höheren und dichteren Blattschichten von Rosettenpflanzen oder Horstgräsern zu finden ist. Welche Habitatparameter sind entscheidend?

Stenobothrus stigmaticus ist hinsichtlich des Mikroklimas und in seinem Verhalten abhängig von sehr niedriger Vegetation mit offenen Bodenstellen (vgl. CHERRILL 1994, LÄNDER 2000, BEHRENS & FARTMANN 2004). Eine negative Korrelation der Individuendichte von *S. stigmaticus* mit der Vegetationsdichte beschreiben VAN WINGERDEN & BONGERS (1989). WALLASCHEK (1995) erfasste hohe Individuendichten nur in Flächen mit einer niedrigen Pflanzendecke (vgl. auch ISERN-VALLVERDÚ 1992). Der in der Medebacher Bucht festgestellte, positive Einfluss der extensiven Beweidung auf Habitatstruktur/Mikroklima und damit die Abundanz von *S. stigmaticus* wird durch mehrere Studien bestätigt (VAN WINGERDEN & BONGERS 1989, VAN WINGERDEN et al. 1991b, ISERN-VALLVERDÚ 1992, BONTE 1996, LÄNDER 2000).

Die Lebensräume von *S. stigmaticus* und *S. lineatus* unterscheiden sich signifikant in hD und Vegetationshöhe: Höhere Werte für *S. lineatus* bestätigen, dass diese Art höher- und dichterwüchsige Vegetationsstrukturen nutzen kann als *S. stigmaticus* (vgl. KRIEGBAUM 1988, zit. in BECKMANN & RADLMAIR 2003, WALLASCHEK 1995). Ein höherer Anteil an Kräutern und Polsterpflanzen ist im UG typisch für die Habitate von *S. lineatus* (vgl. FARTMANN 1997) und bedingt dort eine dichtere Vegetation in Bodennähe. Oft haben diese Standorte (flachgründige Braunerden) eine bessere Wasser- und Nährstoffversorgung als die nur von *S. stigmaticus* besiedelten Flächen (sehr trockene Ranker). Auch die überwiegend geringere Beweidungsintensität als bei *S. stigmaticus* ermöglicht vergleichsweise höhere, dichtere Strukturen.

Bei *S. lineatus* lassen die vorliegenden Daten auf eine deutliche Präferenz für Horstgrasrasen ausreichender Dichte schließen (vgl. SÄNGER 1977): Dies bestätigen auch die Ergebnisse von SAMIETZ (1996, 1998), der für die Flächennutzung durch *S. lineatus* eine Bevorzugung von *Bromus erectus*-Beständen feststellte und innerhalb der Trespen-Horste ein günstigeres Mikroklima nachwies: Temperatur und Einstrahlung an Sonnentagen waren dort höher als in krautreichen, dichteren Strukturen, die Luftfeuchte zugleich höher als über offenem Boden.

Nach ISERN-VALLVERDÚ (1992) und SCHULTE (1997) bevorzugt *S. lineatus* in Höhe und Dichte heterogen strukturierte Magerrasen; solche Habitate sind optimal, da sie die bevorzugten Strukturen und Mikroklimate für alle Entwicklungsstadien und Verhaltensweisen bieten (s. WALLASCHEK 1995, FARTMANN 1997, SAMIETZ 1998). Auch in der Medebacher Bucht wurden in entsprechenden Lebensräumen

(Habitattyp 3) die höchsten Individuendichten von *S. lineatus* nachgewiesen. Ein Strukturmosaik entsteht auf diesen PF zum einen durch Musterbildung in Brachestadien (vgl. DIERSCHKE & BRIEMLE 2002), zum anderen durch eine periodische Rinderbeweidung mit selektivem Verbiss. Dabei war die Abundanz auf den Brachen sogar größer als auf den Weiden. Als Ursache ist eine geringere Störungsintensität bei noch geeigneter Habitatstruktur der Brachen wahrscheinlich (vgl. BEHRENS & FARTMANN 2004). Von einer mikroklimatischen Begünstigung der Brachen ist nicht auszugehen, die dichtere Streu- und Kryptogamenschicht als auf den Weiden fördert eher feucht-kühle Bedingungen in Bodennähe.

Bei *S. stigmaticus* sind die Folgen einer unterschiedlichen Beweidungsintensität auf Struktur und Individuendichte im bevorzugten Habitattyp 2 deutlicher – günstig wirkt sich dort eine mittlere Beweidungsintensität aus. Sowohl *S. stigmaticus* als auch *S. lineatus* sind zum Erhalt ihrer Habitate auf eine extensive Nutzung angewiesen (s. DETZEL 1998a)!

Stenobothrus stigmaticus besiedelt im UG auch kleinflächige Magerrasenrelikte, auf denen *S. lineatus* nicht vorkommt und ist daher häufiger. Die Vorkommen beider Arten finden sich gehäuft in Landschaftsausschnitten des UG, in denen noch bis Ende des 19. Jahrhunderts ausgedehnte Magerrasen und Heiden durch Wanderschäferei genutzt wurden und somit großflächig geeignete Lebensräume vorhanden waren. Sie können somit als Reliktpopulationen angesehen werden, die heute durch Ausbreitungsbarrieren wie Äcker, Grünland, Gehölze oder Straßen stark isoliert sind. Immigrationen in benachbarte Magerrasen-Komplexe sind bei der geringen aktiven Mobilität der *Stenobothrus*-Arten (s. EHRLINGER 1995, SAMIETZ 1998, NUNNER & WALTER 1999) sehr unwahrscheinlich.

Habitatbindung von *Stenobothrus nigromaculatus*

Ergebnisse

Der Schwarzfleckige Heidegrashüpfer kommt auf 11% aller PF (9 von 82) vor. Diese PF sind südexponiert, 10–20° geneigt und liegen im Osten des UG. Überwiegend lebt *S. nigromaculatus* in niedrigen, dichten Horstrasrasen (Diantho-Armerietum), die periodisch mit Rindern beweidet werden (Tab. 5).

Tab. 5: Habitate und Individuendichten von *S. nigromaculatus* (vgl. Tab. 2; Median und Spanne, Dichtewerte sind Maxima der Isolationsquadratfänge).

Habitat	Anteil PF [absolut / %]	Größe [m²]	Individuen / 20 m²	
			Larven	Imagines
Pionierrasen	2 / 22	100, 600	12	13
offene Horstgrasrasen	2 / 22	125, 300	– [1]	3
dichte Horstgrasrasen	5 / 56	1600 (900–2000)	11	9

[1] keine Erfassung zur Larvalzeit

Die Tiere wurden dort geklumpt in kurzrasigen Bereichen mit offenen Bodenstellen gefunden (vgl. oben). Zwei PF sind Pionierrasen; *S. nigromaculatus* war dort ebenfalls nicht gleichmäßig verteilt, sondern kam auf unbewachsenen Stellen in geringerer Dichte vor als in Bereichen, die zu > 50–95% mit Horstgräsern, Rosettenpflanzen und Kryptogamen bedeckt waren. Ab 600 m² Habitatgröße wurden maximal 13 Imagines/20 m² erfasst (Tab. 5).

Die Abbildungen 4–6 zeigen die Ergebnisse von 20 Mikrohabitataufnahmen. Die Feldschicht- und Gesamtdeckung der Vegetation beträgt über 90%. Offene Bodenstellen fehlen nie, sind aber meist klein (≤ 100 cm²). In der Feldschicht haben Horstgräser (*Festuca ovina* agg.) und Rosettenpflanzen (*Hieracium pilosella*) die höchste Deckung. Ein relativ großer Anteil an Flechten und Herdengräsern (*Agrostis capillaris*) ist typisch (s. Abb. 4).

Der Median der Blattschichthöhe beträgt 9 cm, Rosettenpflanzen und Kryptogamen bilden zwischen den Horstgräsern eine dichte Schicht in Bodennähe. Die Halmschicht ist im Spätsommer spärlich ausgebildet, nur einzelne Halme erreichen die maximale Feldschichthöhe (s. Abb. 5). Daher beträgt die hD oberhalb 10 cm nur noch maximal 10%, darunter im Mittel 75% (Abb. 6).

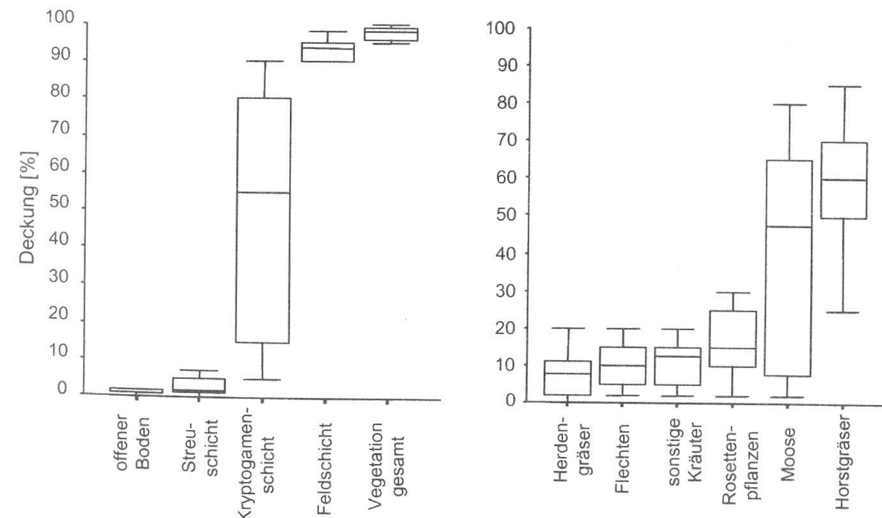


Abb. 4: Horizontalstruktur und Deckung verschiedener Wuchsformen im Mikrohabitat von *S. nigromaculatus* (n = 20 Aufnahmen, zur Darstellung s. Abb. 3).

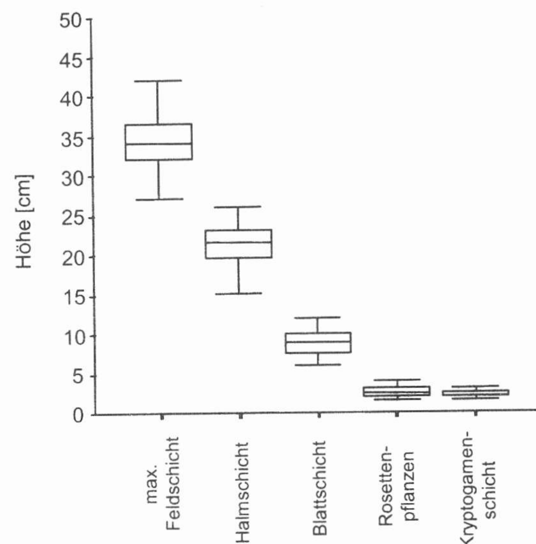


Abb. 5: Vertikalstruktur im Mikrohabitat von *S. nigromaculatus* – Schichthöhen (max. Feldschicht = maximale Höhe der Feldschicht, Blattschicht = Gräser und Kräuter ohne Rosettenpflanzen; n = 20 Aufnahmen, zur Darstellung s. Abb. 3).

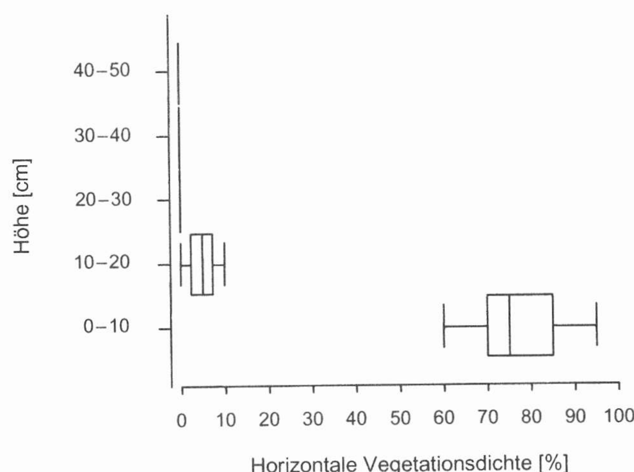


Abb. 6: Horizontale Vegetationsdichte im Mikrohabitat von *S. nigromaculatus* (n = 20 Aufnahmen, zur Darstellung s. Abb. 3).

Diskussion

In Deutschland sind Vorkommen von *S. nigromaculatus* aus strukturell und mikroklimatisch ähnlichen Habitaten wie im UG bekannt: Nach DETZEL (1998b) lebt die Art in trockenen, bodensauren Magerrasen und Heiden mit offenen Bodenstellen. In Bayern kommt *S. nigromaculatus* laut DOLEK et al. (2003) vor allem in Kalkmagerrasen (66% aller Fundorte) vor. SCHMITZ & HÖHNEN (1994) fanden den Schwarzfleckigen Heidegrashüpfer in Brandenburg in Sandtrockenrasen und *Calluna*-Heiden.

An der nord-westlichen Arealgrenze von *S. nigromaculatus* sind regionalklimatisch begünstigte Naturräume die Verbreitungsschwerpunkte (s. INGRISCH 1981, MAAS et al. 2002, BEHRENS & FARTMANN 2004) – daher liegen alle Fundorte im relativ niederschlagarmen Osten der Medebacher Bucht.

Stenobothrus nigromaculatus bevorzugt im UG kurzrasige, trockene Mikrohabitate mit hoher Einstrahlung – DETZEL (1998b) beschreibt ähnliche Präferenzen. Eine extensive Beweidung erzeugt und erhält geeignete Strukturen (vgl. FASEL 1992, DOLEK 1994, BEHRENS & FARTMANN 2004). Die Feldschichtdeckung der Mikrohabitate in der Medebacher Bucht beträgt ≥ 90%, deutlich mehr als in bisher publizierten Studien. Blatt- und Halmschicht erreichen 5–25 cm und stimmen in der Höhe mit Literaturangaben überein: HEMP & HEMP (1996) erfassten *S. nigromaculatus* bei einer mittleren Krautschichtdeckung von 50% (40–70%), die mittlere Vegetationshöhe betrug 25 cm (10–40 cm). BRÜNNER-GARTEN (1992) nennt für die Vegetationsdeckung Werte von 30–50% bei einer Höhe von 5–15 cm (maximal 50 cm). Im großflächigen Mittel der Pionierrasen ist die Vegetationsdeckung auch in der Medebacher Bucht entsprechend niedrig (Feldschicht: 55%, Gesamtdeckung: 75%; s. BEHRENS & FARTMANN 2004) – dies gilt jedoch für die Ebene der PF, während die Mikrohabitataufnahmen nach anderen Auswahlkriterien erfolgten. Für die Mikrohabitat-Aufnahmen (n = 4) auf den Pionierrasen könnten die Unterschiede in der Vegetationsdeckung beim Vergleich mit Literaturwerten also auf einen Skalenunterschied zurückzuführen sein, der größte Teil der Habitate in der Medebacher Bucht – die Horstgrasrasen – sind sowohl auf "PF-Ebene", als auch im Mikrohabitatmaßstab (n = 16 Aufnahmen) sehr dicht bewachsen.

Auf sehr vegetationsarmen Magerrasen wurde der Schwarzfleckige Grashüpfer von HEMP & HEMP (1996) und SCHMITZ & HÖHNEN (1994) nicht nachgewiesen. Auch in der Medebacher Bucht nutzt *S. nigromaculatus* in Pionierrasen eher die lückig bewachsenen Bereiche, profitiert dort jedoch vermutlich von der starken Erwärmung der mosaikartig vorhandenen, offenen Schiefergrusflächen.

Der Schwarzfleckige Heidegrashüpfer ist im UG xerophil, phytophil bis geophil sowie horizontalorientiert und daher als stenotop zu bezeichnen (vgl. SÄNGER 1977, INGRISCH 1981, FREDE 1991). In den Alpen, im Zentralmassiv und den Pyrenäen – den Verbreitungsschwerpunkten Europas (MAAS et al. 2002) – hat *S. nigromaculatus* die gleiche Anpassung (s. DREUX 1962, VOISIN 1979, NADIG 1991, ISERN-VALLVERDÚ 1992). Als stenotope Leitart kennzeichnet er in biozönologischen Studien für ihn geeignete Habitatypen (INGRISCH 1982, HEMP & HEMP 1996, BEHRENS & FARTMANN 2004).

Die maximale Imaginaldichte von *S. nigromaculatus* im UG ist mit umgerechnet 0,65 Imagines/m² etwa halb so hoch wie der für Bayern genannte Maximalwert von 1,2 Imagines/m² (DOLEK et al. 2003); in den französichen Alpen erfasste DREUX (1962) bis zu 0,3 Imagines/m². Für die Larvaldichten liegen keine Vergleichswerte vor.

Abschließende Diskussion

Aufgrund der Arealgrenzen und der Verbreitung in Abhängigkeit vom Lokalklima ist *S. nigromaculatus* als stärker xerophil und thermophil einzustufen als *S. lineatus* und *S. stigmaticus*. Als wichtige Strukturparameter, die Rückschlüsse auf das Mikroklima ermöglichen, wurden die Feldschichthöhe und die bodennahe horizontale Vegetationsdichte gewählt, um Unterschiede in der Strukturbindung der Heidegrashüpfer zu zeigen (Abb. 7).

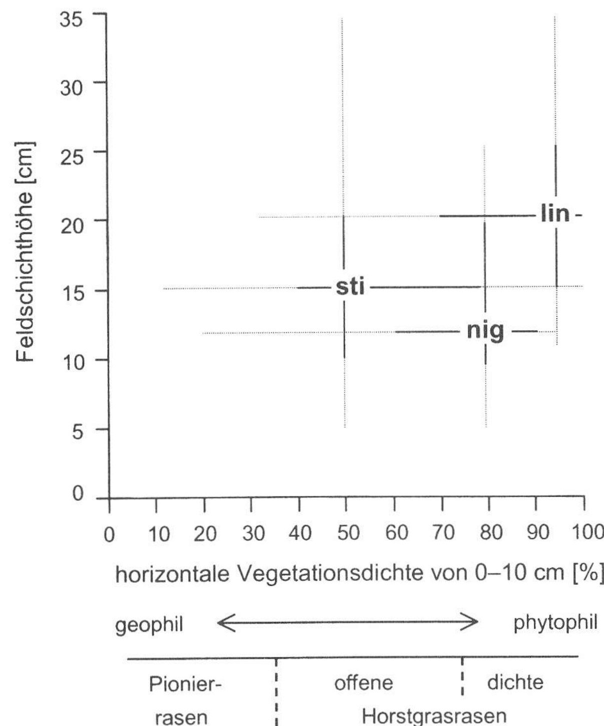


Abb. 7:
Vorkommen der Heidegrashüpfer in Abhängigkeit von Höhe und Dichte der Vegetation. Die Schnittpunkte der Linien markieren die Mediane der Variablen, die Länge der durchgezogenen Linien entspricht dem Interquartilabstand zwischen 1. und 3. Quartil; gestrichelte Linien zeigen die Spanne der Werte. Anzahl der Strukturaufnahmen: *S. stigmaticus*, sti n = 48, *S. lineatus*, lin n = 40, *S. nigromaculatus*, nig n = 24 (zur besseren Vergleichbarkeit ohne Mikrohabitataufnahmen)

Alle Arten leben horizontalorientiert in niedriger Rasenvegetation. Der phyotophile *S. lineatus* nutzt vor allem relativ höhere, dichtere Rasenschichten, während *S. stigmaticus* als geophile bis phyotophile Art den Boden und sehr niedrige, lückige Vegetation bevorzugt. *S. nigromaculatus* zeigt eine ähnliche Strukturbindung wie *S. stigmaticus*, kommt jedoch im UG häufig in dichterer Vegetation vor.

Die Fangergebnisse von ISERN-VALLVERDÚ (1992) in verschiedenen Habitattypen der Pyrenäen ergeben für die Heidegrashüpfer eine ähnliche Einordnung hinsichtlich des Raumwiderstandes: Von *S. lineatus* (n = 145 Imagines) wurden 96% der Individuen in heterogen strukturierten Festucion eskiae-Beständen mit ≥ 10 cm Vegetationshöhe gefangen. Auch *S. nigromaculatus* (n = 1550 Imagines) erreichte hier seine höchsten Dichten (Repräsentanz: 52%), kam aber ebenfalls in niedrigen (< 5 cm), homogen strukturierten Nardion-Beständen vor (Repräsentanz: 25%). Dort wurden 51% aller Imagines von *S. stigmaticus* (n = 3226 Individuen) erfasst, während diese Art in den höherwüchsigen Festucion eskiae-Flächen nur eine Repräsentanz von 4% hatte.

SÄNGER (1977) und KÖHLER (zit. in INGRISCH & KÖHLER 1998a) beschreiben die Nutzung höherer Straten und dichterer Vegetation von *S. lineatus* gegenüber *S. nigromaculatus*. INGRISCH & KÖHLER (1998a) bezeichnen *S. stigmaticus* als terricol bis graminicol, *S. lineatus* und *S. nigromaculatus* als graminicol. Dies entspricht den vorliegenden Befunden aus der Medebacher Bucht.

Der Schwarzfleckige Heidegrashüpfer wurde in anderen Untersuchungen an seiner Arealgrenze (Übersichten in DETZEL 1998b, DOLEK et al. 2003) zumeist in Habitaten mit geringerer Vegetationsdeckung nachgewiesen als in der Medebacher Bucht. Auch in diesem UG sind die Dichten der wenigen Reliktpopulationen in lückigen Pionierrasen hoch. Daher lässt sich vermuten, dass die dichten – wenn auch teilweise sehr niedrigen – Horstgrasrasen keine Optimalhabitate mehr sind, sondern *S. nigromaculatus* höhere Offenbodenanteile bevorzugt.

Die regionale (FREDE 1991) und überregionale Gefährdungssituation (INGRISCH & KÖHLER 1998b, MAAS et al. 2002) der Heidegrashüpfer wird durch die Untersuchungen in der Medebacher Bucht bestätigt: In der Reihenfolge *S. lineatus* – *S. stigmaticus* – *S. nigromaculatus* steigt ihre Bedrohung durch verringerte Habitatqualität und -verlust.

Dank

Unser herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. MATTES (Institut für Landschaftsökologie, Universität Münster) für die Betreuung der Diplomarbeit des Erstautors. Für ihre organisatorische Unterstützung der Geländearbeiten danken wir den Mitarbeiter/-innen der Biologischen Station Hochsauerlandkreis e.V. (Herrn D. Finke, Frau B. Gräf und Frau M. Hoffmann, Herren W. Schubert und R. Trappmann; Schmallenberg-Bödefeld) und Herrn A. Frede (Naturpark Kellerwald-Edersee, Affoldern). Vielen Dank für Anmerkungen zum Text an die Herren H. Loritz (Halle), T. Sechelmann (Münster) und J. Wahl (Münster)!

Verfasser:
Martin Behrens
Stadtlohnweg 33
D-48161 Münster
E-Mail: mabehre@web.de

Dr. Thomas Fartmann
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Landschaftsökologie
AG Biozönologie
Robert-Koch-Straße 26
D-48149 Münster
E-Mail: fartmann@uni-muenster.de

Literatur

BECKER, W., FREDE, A. & LEHMANN, W. (1996): Pflanzenwelt zwischen Eder und Diemel – Flora des Landkreises Waldeck-Frankenberg mit Verbreitungsatlas. – Naturschutz in Waldeck-Frankenberg 5: 1–510.

BECKMANN, A. & RADLMAIR, S. (2003): Heidegrashüpfer, *Stenobothrus lineatus* (Panzer, [1796]). In: SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G. (Bearb.): Heuschrecken in Bayern. (Ulmer), Stuttgart: 239–242.

BEHRENS, M. & FARTMANN, T. (2004): Die Heuschreckengemeinschaften isolierter Schieferkuppen der Medebacher Bucht (Südwestfalen/Nordhessen). – Tuexenia 24.

BELLMANN, H. (1993): Heuschrecken: beobachten – bestimmen. (Naturbuch-Verlag), 3. Aufl., Augsburg; 349 S.

BONTE, D. (1996): Habitatpreferentjes van *Stenobothrus stigmaticus* in de Ostvoorduinen te Ostduinkerke (Koksijde). – Saltabel 16: 28–29.

BRADLEY, J. S. (1985): Comparative demography of four species of grasshopper on a common site. – In: COOK, L. M. (Hrsg.): Case studies in population biology. (Manchester University Press), Manchester: 61–100.

BRUCKHAUS, A. & DETZEL, P. (1997): Erfassung und Bewertung von Heuschrecken-Populationen. Ein Beitrag zur Objektivierung des Instruments der Roten Listen. – Naturschutz und Landschaftsplanung 29 (5): 138–145.

BRÜNNER-GARTEN, K. (1992): Zur Habitateinnischung ausgewählter Heuschrecken im Nürnberger Reichswald (Saltatoria). – Galathea 8 (3): 88–101.

BÜRGENER, M. (Bearb.) (1963): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 111 Arolsen. Geographische Landesaufnahme 1: 200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. (Institut für Landeskunde), Bonn-Bad Godesberg; 94 S.

CHERRILL, A. (1994):The current status of the lesser mottled grasshopper, *Stenobothrus stigmaticus* (RAMBUR) on the Isle of Man. – British journal of entomology and natural history 7: 53–58.

DETZEL, P. (Hrsg., 1998a): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. (Ulmer), Stuttgart; 580 S.

– (1998b): *Stenobothrus nigromaculatus* (HERRICH-SCHÄFFER, 1840) – Schwarzfleckiger Heidegrashüpfer. In: DETZEL, P. (Hrsg.): Die Heuschrecken Baden-Württembergs. (Ulmer), Stuttgart: 443–448.

DIERSCHKE, H. & BRIEMLE, G. (2002): Kulturgrasland. (Ulmer), Stuttgart; 239 S.

DOLEK, M. (1994): Der Einfluss der Schafbeweidung von Kalkmagerrasen in der Südlichen Frankenalb auf die Insektenfauna (Tagfalter, Heuschrecken). – Agrarökologie 10: 1–126.

DOLEK, M., FREESE, A. & NUNNER, A. (2003): Schwarzfleckiger Heidegrashüpfer, *Stenobothrus nigromaculatus* (Herrich-Schäffer, 1840). – In: SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G. (Bearb.): Heuschrecken in Bayern. – (Ulmer), Stuttgart: 243–246.

DREUX, P. (1962): Recherches écologiques et biogéographiques sur les Orthoptères des Alpes françaises. – Thèse, Faculté des Sciences de l'Université de Paris; 766 S.

DYTHAM, C. (1999): Choosing and using statistics: a biologist's guide. – (Blackwell Science), New York; 218 S.

EHRLINGER, M. (1995): Untersuchungen der kleinräumigen Wanderung von Heidegrashüpfern (*Stenobothrus lineatus*) zwischen unterschiedlich exponierten Halbtrockenrasen. – Artenschutzreport 5: 11–15.

FARTMANN, T. (1997): Biozönologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna auf Magerrasen im Naturpark Märkische Schweiz (Ostbrandenburg). – In: MATTES, H. (Hrsg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen. – Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie 3: 1–62.

FARTMANN, T. (2004): Die Schmetterlingsgemeinschaften der Halbtrockenrasen-Komplexe des Diemeltales – Biozönologie von Tagfaltern und Widderchen in einer alten Hudelandschaft. Abhandlugen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde 66 (1): 1–256.

FARTMANN, T. & MATTES, H. (1997): Heuschreckenfauna und Grünland – Bewirtschaftungsmaßnahmen und Biotopmanagement. – In: MATTES, H. (Hrsg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen. – Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie 3: 179–188.

FASEL, P. (1992): Habitatwahl von Heuschrecken (Insecta: Saltatoria) in Trockenbiotopen des Dill-Westerwaldes. – Botanik und Naturschutz in Hessen, Beiheft 4: 111–117.

FREDE, A. (1991): Zur Gefährdungssituation der Heuschrecken und Grillen (Saltatoria) im Landkreis Waldeck-Frankenberg. – Naturschutz in Waldeck-Frankenberg 3: 167–178.

GLA NRW – Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (1989): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1: 100.000. Blatt C 4718 Korbach. Karte und Erläuterungen. Krefeld; 104 S.

GLA NRW – Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (1992): Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1: 50.000. Blatt L 4916 Bad Berleburg. Krefeld.

HEMP, C. & HEMP, A. (1996): Die Heuschreckengesellschaften der Dolomitkuppenalb bei Neuhaus-Velden und ihre Beziehung zur Vegetation. – Berichte der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Bayreuth 23: 327–371.

INGRISCH, S. (1981): Zur Verbreitung der Orthopteren in Hessen. – Mitteilungen des Internationalen Entomologischen Vereins e.V. 6 (2–3): 29–58.

INGRISCH, S. (1982): Orthopterengesellschaften in Hessen. – Hessische Faunistische Briefe 2 (3): 38–46.

INGRISCH, S. & KÖHLER, G. (1998a): Die Heuschrecken Mitteleuropas. (Westarp Wissenschaften), Magdeburg; 460 S.

INGRISCH, S. & KÖHLER, G. (1998b): Rote Liste der Geradflügler (Orthoptera s. l.). Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 55: 252–254.

IÖZ – Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (2004): F+E-Vorhaben "Analyse der Gefährdungsursachen von planungsrelevanten Tiergruppen in Deutschland zur Ergänzung der Roten Listen gefährdeter Tiere". – http://www.ioez.tu-freiberg.de/arbeitsgruppen/ag_bio/gat1.html [21.01.04].

ISERN-VALLVERDÚ, J. (1992): Ecologia de los ortopteros en pastos del Pirineo Occidental. – Unveröff. Dissertation, Barcelona; 373 S.

JOHANNESEN, J., SAMIETZ, J., WALLASCHEK, M., SEITZ, A. & VEITH, M. (1999): Patch connectivity and genetic variation in two congeneric grasshopper species with different habitat preferences. – Journal of Insect Conservation 3: 201–209.

LÄNDER, S. (2000): Mikrohabitatbindung von *Stenobothrus stigmaticus* (RAMBUR, 1839) (Orthoptera: Acrididae) auf der Rekumer Geest. – Unveröff. Diplomarbeit, Bremen; 47 S.

MAAS, S., DETZEL, P. & STAUDT, A. (2002): Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands. Verbreitungsatlas, Gefährdungseinstufung und Schutzkonzepte. – (Bundesamt für Naturschutz), Bonn-Bad Godesberg; 401 S.

MORGEN, C. (1998): Ökologische Untersuchungen zur Differenzierung von Heuschreckenzönosen auf Halbtrockenrasen in Plateaulage im Naturschutzgroßprojekt "Orchideenregion Jena - Muschelkalkhänge im Mittleren Saaletal". Unveröff. Diplomarbeit, Münster; 75 S.

MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. – Quelle & Meyer, 3. Aufl., Heidelberg, Wiesbaden; 511 S.

MÜLLER-WILLE, W. (1981): Westfalen. Landschaftliche Ordnung und Bindung eines Landes. – Aschendorfsche Verlagsbuchhandlung, 2. Aufl., Münster; 411 S.

MURL NRW – Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (1989): Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen. – Landesamt für Agrarordnung, Düsseldorf; 65 S.

NADIG, A. (1991): Die Orthopteren. – In: NADIG, A., SCHWEIZER, W. & TREPP, W.: Die Verbreitung der Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) auf einem Diagonalprofil durch die Alpen (Inntal-Maloja-Bregaglia-Lago di Como-Furche). – Jahresberichte der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden, N.F. 106, 2. Teil: 227–380.

NUNNER, A. & WALTER, R. (1999): Einsatz der Standardisierten Populationsprognose (SPP) für die Naturschutzplanung in fragmentierten Torfstichgebieten Südbayerns. – In: AMLER, K., BAHL, A., HENLE, K., KAULE, G., POSCHLOD, P. & SETTELE, J. (Hrsg.): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis – Isolation, Flächenbedarf und Biotopansprüche von Pflanzen und Tieren. – Ulmer, Stuttgart: 214-224.

OPPERMANN, R. (1987): Tierökologische Untersuchungen zum Biotopmanagement in Feuchtwiesen. – Natur und Landschaft 62 (6): 235–241.

OSCHMANN, M. (1969): Bestimmungstabelle für die Larven mitteldeutscher Orthopteren. – Deutsche Entomologische Zeitschrift, N.F. 16 (I–III): 277–291.

OSCHMANN, M. (1973): Untersuchungen zur Biotopbindung der Orthopteren. – Faunistische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden 4 (21): 177–206.

REINHARDT, K. & KÖHLER, G. (2002): Bedeutung aktueller Befunde der Verhaltensökologie für den Artenschutz: Dargestellt am Beispiel der Heuschrecken. – Naturschutz und Landschaftsplanung 34 (6): 171–180.

RENNWALD, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 35: 1–800.

SACHS, L. (2002): Angewandte Statistik. Anwendung statischer Methoden. – Springer-Verlag, 10. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York; 889 S.

SACHTELEBEN, J. (2003): Kleiner Heidegrashüpfer, *Stenobothrus stigmaticus* (Rambur, [1838]). – In: SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G. (Bearb.): Heuschrecken in Bayern. – Ulmer, Stuttgart: 247–250.

SAMIETZ, J. (1996): Zur Mikrohabitatnutzung einer Heuschreckenart in Halbtrockenrasen: *Stenobothrus lineatus* (PANZER) (Insecta: Caelifera). – Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 26: 569–573.

SAMIETZ, J. (1998): Populationsgefährdungsanalyse an einer Heuschreckenart. Methoden, empirische Grundlagen und Modellbildung bei *Stenobothrus lineatus* (PANZER). – Cuvillier, Göttingen; 146 S.

SÄNGER, K. (1977): Über die Beziehungen zwischen Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) und der Raumstruktur ihrer Habitate. – Zool. Jb. Syst., Ökol., Geogr. Tiere 104: 433–488.

SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G. (2003): Heuschrecken in Bayern. – Ulmer, Stuttgart; 515 S.

SCHMIDT, K. (1997): Vorkommen, Häufigkeit und Lebensraumansprüche des Kleinen Heidegrashüpfers, *Stenobothrus stigmaticus*, im Wartburgkreis/SW-Thüringen. – Veröff. Naturhist. Mus. Schleusingen 12: 3–15.

SCHMITZ, M. & HÖHNEN, R. (1994): Die Heuschreckenfauna (Orthoptera, Saltatoria) der Sandtrockenrasen des Truppenübungsplatzes "Altes Lager" (Jüterbog, Brandenburg) mit einem Wiederfund von *Stenobothrus nigromaculatus* (HERRICH-SCHÄFFER 1840). – Brandenburgische Entomologische Nachrichten 2 (1): 31–42.

SCHULTE, A.M. (1997): Ökologische Untersuchungen an Heuschrecken auf Magertriften bei Marsberg (Hochsauerlandkreis). – In: MATTES, H. (Hrsg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen. – Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie 3: 97–113.

SONNENBURG, H. (2000): Der Rotleibige Grashüpfer, *Omocestus haemorrhoidalis* (CHARPENTIER, 1825), in Nordrhein-Westfalen – Vorkommen, Habitatansprüche und Gedanken zum Schutz (Orthoptera: Caelifera). – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft ostwestfälisch-lippischer Entomologen 16 (3): 49–64.

SONNENBURG, H. & BUSSMANN, M. (in Vorb.): Kleiner Heidegrashüpfer, *Stenobothrus stigmaticus* (RAMBUR, 1838). – Artmonographie für den Arbeitskreis Heuschrecken NRW.

SUNDERMEIER, A. (1998): Methoden zur Analyse der Vegetationsstruktur. – In: TRAXLER, A. (Hrsg.): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Teil A: Methoden. – Umweltbundesamt Wien, Wien: 123–158.

TONNE, F. (1954): Besser bauen mit Besonnungs- und Tageslicht-Planung, Teil 1. – Institut für Tageslichttechnik, Stuttgart; 42 S.

VAN WINGERDEN, W.K.R.E. & BONGERS, W. (1989): De verspreiding van *Stenobothrus stigmaticus* (RAMBUR, 1839) (Orthoptera, Acrididae) in relatie tot de vegetatiestructuur van *Deschampsia flexuosa* bij begrazing. – Niewsbrief Saltabel 2: 20–27.

VAN WINGERDEN, W.K.R.E., BONGERS, W., MUSTERS, J.C.M. & MAASKAMP, F.J.M. (1991a): The influence of temperature on the duration of egg development in West European grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). – Oecologica 87: 417–423.

VAN WINGERDEN, W.K.R.E. & BONGERS, W., MUSTERS, J.C.M., MAASKAMP, F.J.M., KLEUKERS, R.M.J.C., BONGERS, W. & VAN BIEZEN, J.B. (1991b): The influence of cattle grazing intensity on grasshopper abundance (Orthoptera: Acrididae). – Proceedings of the section experimental and applied entomology of the Netherlands Ent. Soc. 2: 28–34.

VOISIN, J.F. (1979): Autécologie et biogéographie des Orthoptères du Massif Central. – Thèse, Université Pierre et Marie Curie, Paris; 354 S.

WALLASCHEK, M. (1995): Untersuchungen zur Zoozönologie und Zönotopbindung von Heuschrecken (Saltatoria) im Naturraum "Östliches Harzvorland". – Articulata, Beiheft 5: 153 S.

WALLASCHEK, M (1996): Tiergeographische und zoozönologische Untersuchungen an Heuschrecken (Saltatoria) in der Halleschen Kuppenlandschaft. – Articulata, Beiheft 6: 191 S.

ZEHM, A. (1997): Zur Koinzidenz von Sandvegetation, ihrer Struktur und Heuschrecken-Zönosen (Orthoptera) in der hessischen Oberrheinebene. – Tuexenia 17: 193–222.